

## การทดลองที่ 9

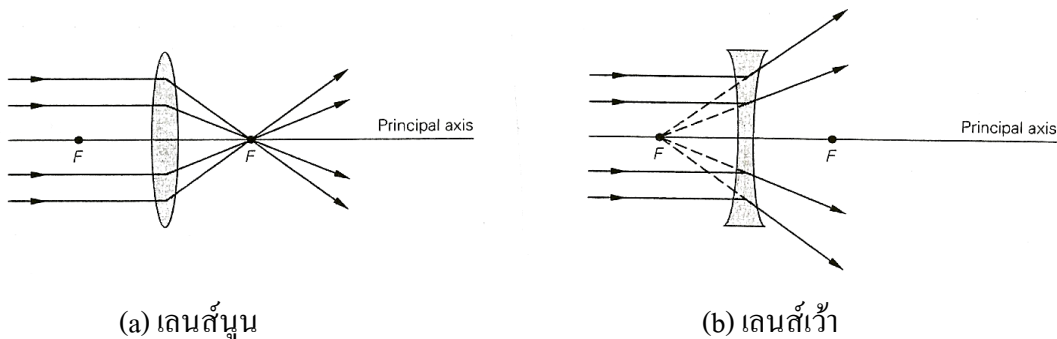
### เรื่อง การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนและเลนส์เว้า

#### วัตถุประสงค์

เพื่อหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนและเลนส์เว้า

#### ทฤษฎี

เลนส์นูนเรียกอีกอย่างว่าเลนส์รวมแสง (converging lens) เพราะลำแสงขนานกับแกนหลัก (principal axis) จะมารวมกันที่จุดโฟกัส (focal point) ส่วนเลนส์เว้าเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเลนส์กระจายแสง (diverging lens) เพราะลำแสงขนานกับแกนหลักจะกระจายออกจากจุดโฟกัส ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงการหักเหของลำแสงขนานเมื่อผ่านเลนส์นูน (a) และเลนส์เว้า (b)

สูตรทั่วไปที่ใช้สำหรับการคำนวณคือ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} \quad (1.1)$$

โดยที่

$f$  คือ ความยาวโฟกัส (เซนติเมตร)

$d_0$  คือ ระยะวัตถุ (เมตร)

$d_i$  คือ ระยะภาพ (เมตร)

จากสมการ (1.1) เขียนในรูปใหม่ เพื่อหาระยะภาพได้เป็น

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f} \quad (1.2)$$

ขนาดของกำลังขยาย (magnification factor)  $|M|$  ของเลนส์หาได้จากสูตร

$$M = \frac{d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o} \quad (1.3)$$

โดยที่

$h_i$  คือ ความสูงของภาพ (เมตร)

$h_o$  คือ ความสูงของวัตถุ (เมตร)

ในการคำนวณเราต้องการแทนเครื่องหมายลงไปด้วย และหลักในการใช้เครื่องหมายสำหรับการคำนวณพิจารณาได้ดังตาราง 1.1 ต่อไปนี้

**ตารางที่ 1.1** การแทนเครื่องหมายของการคำนวณหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนและเลนส์เว้า

ปริมาณที่พิจารณา	เงื่อนไข	เครื่องหมาย
ความยาวโฟกัส	เลนส์นูน	+
	เลนส์เว้า	-
ระยะวัตถุ	จริง	+
	เสมือน	-
ระยะภาพ	จริง	+
	เสมือน	-

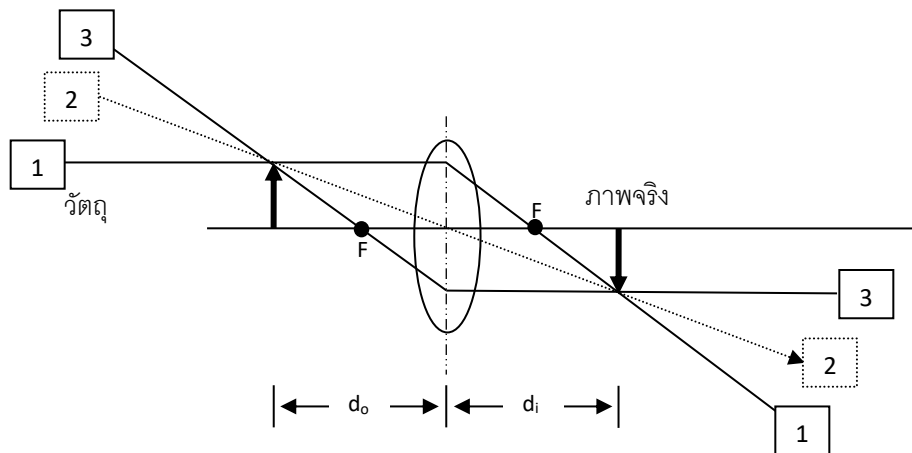
หมายเหตุ ปริมาณทุก ๆ ปริมาณวัดจากจุดศูนย์กลางเลนส์เสมอ

## 1. การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

เมื่อมีวัตถุวางไว้ที่ตำแหน่งหน้าเลนส์นูน ลำแสงที่ออกจากเลนส์นูน จะมารวมกันที่จุดโฟกัส ทำให้เกิดภาพขึ้นหลังเลนส์นูน โดยความยาวโฟกัสของเลนส์นูน ( $f$ ) หาได้สมการ

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (1.4)$$

เดินรังสีของแสงเมื่อผ่านเลนส์นูน

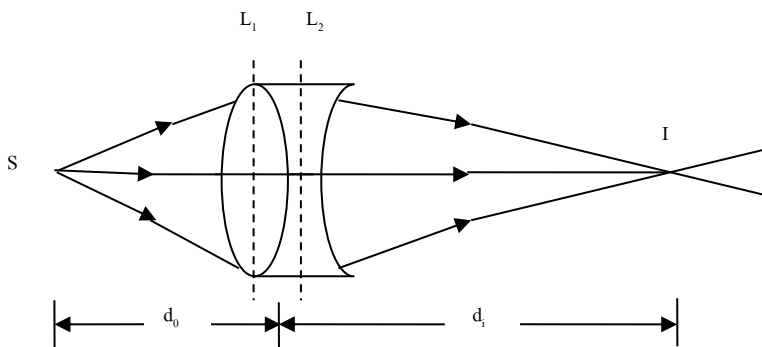


รูปที่ 1.2 ภาพทางเดินรังสีเมื่อผ่านเลนส์นูน

## 2. การหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้า

ภาพที่เกิดจากเลนส์เว้าจะเป็นภาพเสมือนเพียงอย่างเดียว การหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าจึงทำได้โดยตรงไม่ได้ ต้องใช้เลนส์นูนมาช่วยในการทดลองด้วย ดังวิธีต่อไปนี้

### 2.1 วางเลนส์นูนที่ทราบความยาวโฟกัสให้สัมผัสกับเลนส์เว้าดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าโดยใช้เลนส์นูนประกอบ

กำหนดให้  $F$  คือ ความยาวโฟกัสรวมของเลนส์ทั้งสอง (เมตร)

$f_1$  คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน (เมตร)

$f_2$  คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์เว้า (เมตร)

จะได้ความสัมพันธ์ว่า

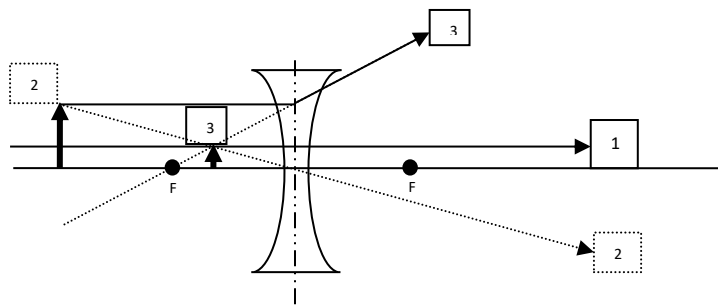
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} \quad (1.5)$$

และ

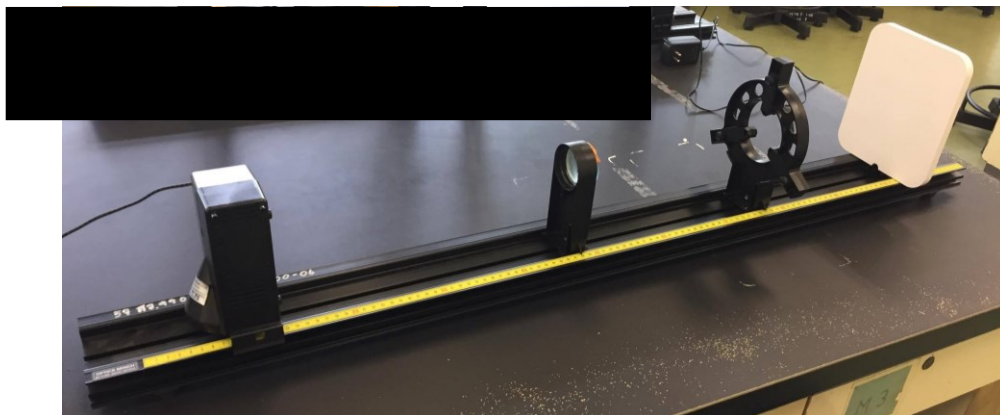
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (1.6)$$

หมายเหตุ ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน ( $f_1$ ) ได้จากการทดลองในตอนที่ 1

ภาพทางเดินรังสีของแสงเมื่อผ่านเลนส์เว้า

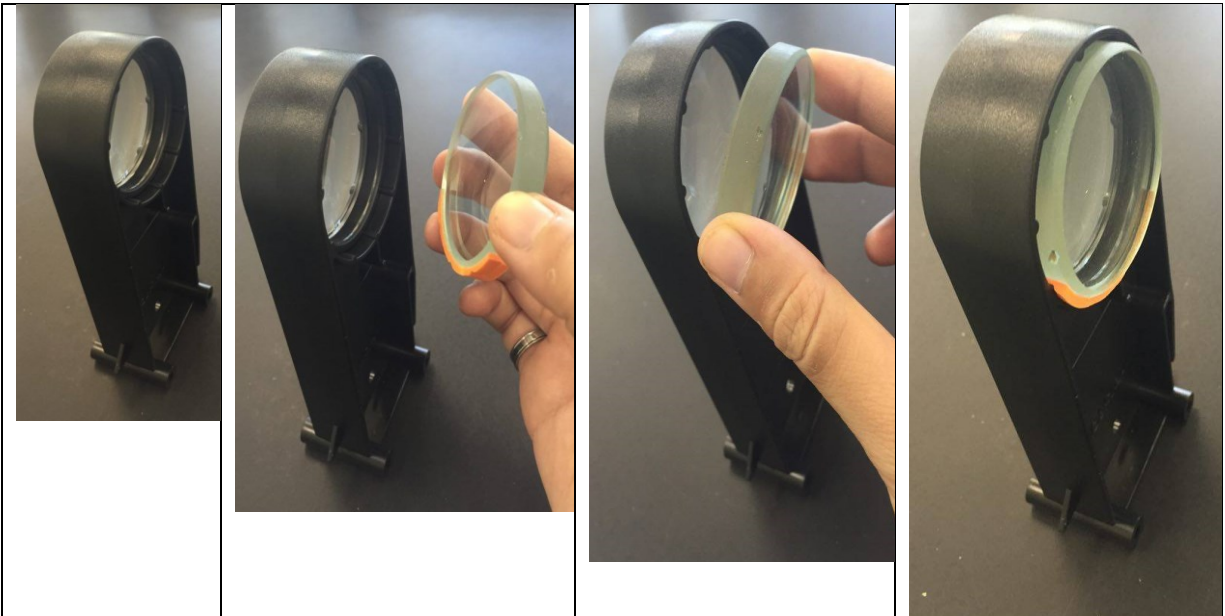


รูปที่ 1.5 ภาพทางเดินรังสีเมื่อผ่านเลนส์เว้า



รูปที่ 1.6 แสดงรูปเครื่องมือการทดลองการหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนและเลนส์เว้า

## วิธีประกบเลนส์ (เว้า+นูน)



**\*ห้าม!!!.....จับหน้าผิวเลนส์ เด็ดขาด**

## อุปกรณ์

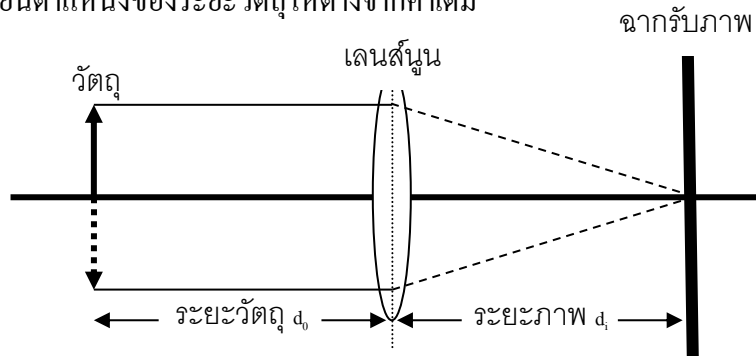
- |                   |   |       |
|-------------------|---|-------|
| 1. เลนส์นูน       | 1 | อัน   |
| 2. เลนส์เว้า      | 1 | อัน   |
| 3. ฉากรับภาพ      | 1 | อัน   |
| 4. แหล่งกำเนิดแสง | 1 | แหล่ง |

## วิธีทำการทดลอง

### ตอนที่ 1 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูน

#### ตอนที่ 1.1 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนโดยใช้ฉากรับภาพ

1. วางวัตถุ(แหล่งกำเนิดแสง) ไว้หน้าเลนส์นูน กำหนดให้ระยะห่างระหว่างวัตถุถึงเลนส์นูนเป็นระยะวัตถุ ( $d_o$ ) แล้วเลื่อนตำแหน่งของฉากรับภาพ หาภาพจริงที่จะปรากฏบนฉากรับภาพ(โดยการเลื่อนฉากแล้ว คอยสังเกตว่าได้ภาพชัดจนหรือยัง) เมื่อได้ภาพที่ชัดจนแล้วก็วัดระยะภาพ ( $d_i$ ) และระยะวัตถุ ( $d_o$ ) นำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูน ( $f_l$ ) จากสมการที่ (1.4) ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของระยะวัตถุให้ต่างจากค่าเดิม



รูปที่ 1.7 รูปแสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์การทดลองการหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูน โดยใช้ฉากรับภาพ

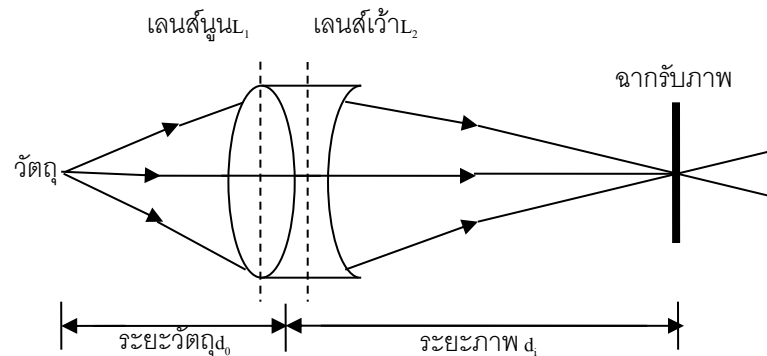
#### ตอนที่ 1.2 การเขียนภาพทางเดินรังสีของแสงเมื่อผ่านเลนส์นูน

1. การเขียนภาพทางเดินรังสีของแสง เมื่อผ่านเลนส์นูนทำได้โดยลากเส้นรังสี 3 เส้นจากปลายของวัตถุที่ตำแหน่งต่างๆ โดยมีหลักการเขียนรังสีแต่ละเส้น ดังนี้
  - (ก) รังสีที่ 1 ลากขนานกับแกนหลักไปยังกึ่งกลางของเลนส์นูน หลังจากนั้น หักเหโดยเลนส์แล้วไปตัดที่จุดโฟกัส อีกด้านหนึ่งของวัตถุ
  - (ข) รังสีที่ 2 ลากผ่านจุดศูนย์กลางของเลนส์ รังสีนี้จะเป็นเส้นตรงในแนวเดิม
  - (ค) รังสีที่ 3 ลากจากวัตถุผ่านจุดโฟกัสด้านหน้าเลนส์ ไปยังกึ่งกลางของเลนส์นูน หลังจากนั้นพุ่งออกขนานแกนหลัก
2. วาดภาพที่เกิดขึ้นตรงบริเวณจุดตัดของรังสีของแสง โดยให้ตรงจุดตัดเป็นปลายของรูปวัตถุที่เกิดขึ้น

## ตอนที่ 2 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้า

ตอนที่ 2.1 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าโดยวิธีการนำเลนส์เว้ามาประกบกับเลนส์นูนที่ทราบค่าความยาวโฟกัส

1. นำเลนส์นูน ( $L_1$ ) ที่ทราบค่าความยาวโฟกัส ( $f_1$ ) จากตอนที่ 1 มาประกบติดกับเลนส์เว้า ( $L_2$ ) (ดูรูปที่ 1.6)
2. นำวัตถุ S (แหล่งกำเนิดแสง) มาวางไว้ทางด้านหน้าเลนส์นูน ( $L_1$ ) เพื่อหาตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้นบนฉากจนได้ภาพชัดเจนแล้วบันทึกระยะวัตถุ ( $d_o$ ) และระยะภาพ ( $d_i$ )
3. นำค่าที่ได้ ไปคำนวณความยาวโฟกัสรวมโดยใช้สมการที่ (8.5) และความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าโดยใช้สมการที่ (1.6)
4. ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งวัตถุให้ต่างจากค่าเดิม



รูปที่ 1.6 รูปแสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์การทดลองการหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าโดยวิธีการนำเลนส์เว้ามาประกบกับเลนส์นูนที่ทราบค่าความยาวโฟกัส

## ตอนที่ 2.2 การเขียนภาพทางเดินรังสีของแสงเมื่อผ่านเลนส์เว้า

1. การเขียนภาพทางเดินรังสีของแสง เมื่อผ่านเลนส์เว้าทำได้โดยลากเส้นรังสี 3 เส้นจากปลายของวัตถุที่ตำแหน่งต่างๆ โดยมีหลักการเขียนรังสีแต่ละเส้น ดังนี้

- (ก) รังสีที่ 1 ลากผ่านจากวัตถุไปยังจุดโฟกัสหลังเลนส์เว้า หลังจากนั้นพุ่งออกขนานกับแกนหลัก โดยให้ลากเส้นปะตามแนวขนานกับแกนหลังด้านหน้าเลนส์เว้าด้วย
- (ข) รังสีที่ 2 ลากขนานกับแกนหลักไปยังกึ่งกลางของเลนส์เว้า ลากเส้นปะกลับมายังจุดโฟกัสหน้าเลนส์เว้า แล้วลากเส้นทึบเมื่อรังสีของแสงออกจากเลนส์เว้าไปทางด้านหลังของเลนส์เว้า
- (ค) รังสีที่ 3 ลากจากวัตถุ ไปยังกึ่งกลางของเลนส์เว้า หลังจากนั้นพุ่งออกด้านหลังเลนส์เว้า



2. วาดภาพที่เกิดขึ้นตรงบริเวณจุดตัดของรังสีของแสง โดยให้ตรงจุดตัดเป็นปลายของรูปวัตถุที่เกิดขึ้น

หมายเหตุ      ในขณะที่หาภาพชัดที่เกิดจากเลนส์นูนต้องให้ระยะห่างระหว่างวัตถุและฉากให้เหมาะสม นั่น  
คือ ให้ภาพที่เกิดจากเลนส์นูนชัดเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

### หนังสืออ้างอิง

Wilson, J.D., Physics Laboratory Experiments, Houghton Mifflin Company, 1998 PP.473 – 486

# บันทึกผลการทดลองที่ 9

## การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนและเลนส์เว้า

ตอนที่ 1 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์นูนโดยใช้ฉากรับภาพ

ครั้งที่	ระยะวัตถุ ( $d_o$ ) (เซนติเมตร)	ระยะภาพ ( $d_i$ ) (เซนติเมตร)	ความยาวโฟกัส ( $f_i$ ) (เซนติเมตร)	ความยาวโฟกัสเฉลี่ย (เซนติเมตร)
1	20.00	20.30	10.074	10.014
2	25.00	16.70	10.012	
3	30.00	14.90	9.955	

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน  $f_i = 10.014$  ..... เซนติเมตร

วิธีการคำนวณ

$$\frac{1}{f_i} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

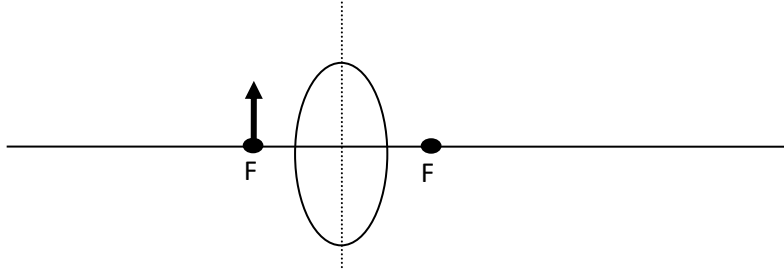
$$f_i = \frac{d_o \cdot d_i}{d_i + d_o}$$

$$= \frac{20.00 \cdot 20.30}{20.30 + 20.00}$$

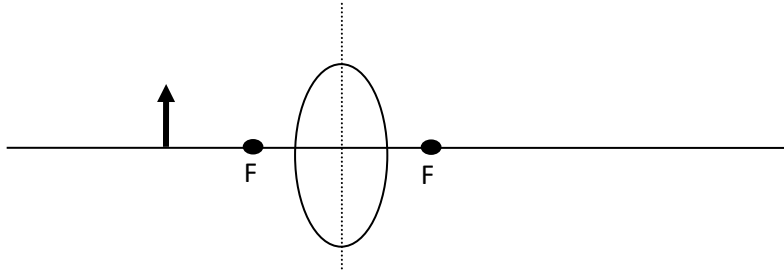
$$= 10.074 \text{ cm}$$

# การเขียนภาพทางเดินรังสีของแสงเมื่อผ่านเลนส์นูน

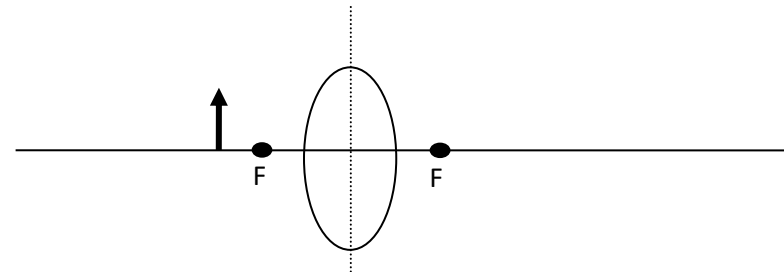
$$d_0 = f$$



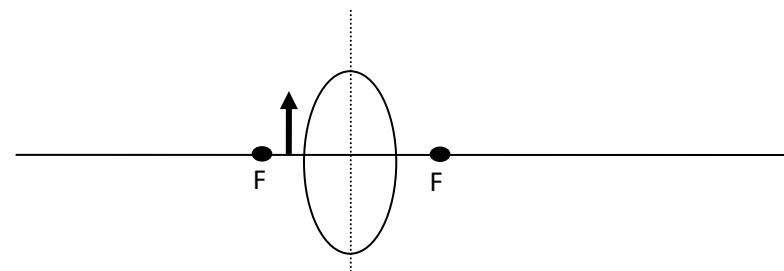
$$d_0 = 2f$$



$$f < d_0 < 2f$$



$$d_0 < f$$



## ตอนที่ 2 หาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้า

2.1 การหาความยาวโฟกัสของเลนส์เว้าโดยนำเลนส์เว้ามาประกบกับเลนส์นูนที่ทราบค่าความยาวโฟกัส

ความยาวโฟกัสของเลนส์นูน  $f_1 = \dots 10.014 \dots$  เซนติเมตร

ครั้งที่	ระยะวัตถุ ( $d_o$ ) (เซนติเมตร)	ระยะภาพ ( $d_i$ ) (เซนติเมตร)	ความยาวโฟกัส (F) (เซนติเมตร)
1	20.00	26.40	11.374
2	25.00	20.80	11.354
3	30.00	18.00	11.250
เฉลี่ย			11.328

ความยาวโฟกัสของเลนส์เว้า  $f_2 = \dots -86.331 \dots$  เซนติเมตร

### วิธีการคำนวณ

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

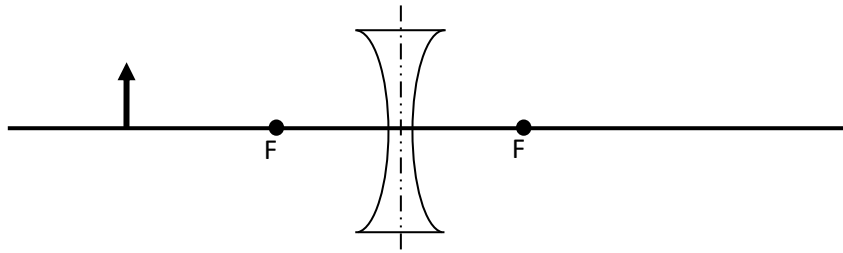
$$f_2 = \frac{F \cdot f_1}{f_1 - F}$$

$$= \frac{11.328 \cdot 10.014}{10.014 - 11.328}$$

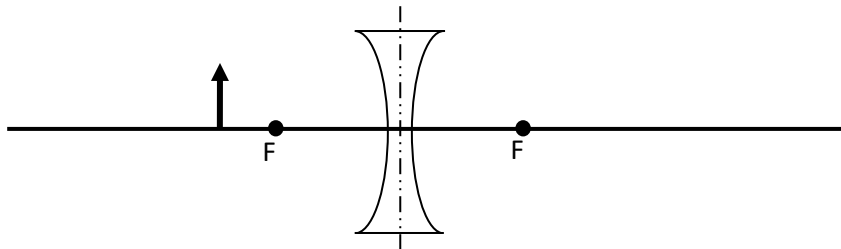
$$= -86.331 \text{ cm}$$

การเขียนภาพทางเดินรังสีของแสงเมื่อผ่านเลนส์เว้า

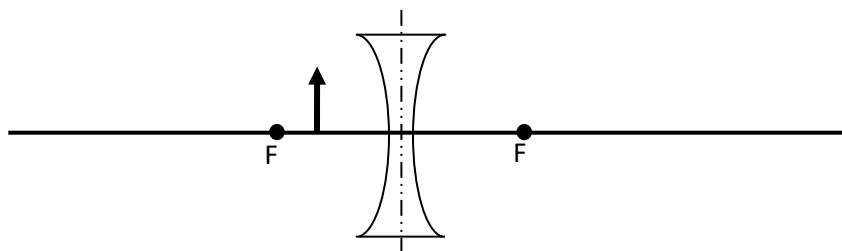
$$d > 2f$$



$$f < d_0 < 2f$$



$$d_0 < f$$



## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง